

Caudal ecológico como principio para la recuperación de la infraestructura azul en México

Aylet Vega Aguilar *
Fabiola D. Yépez Rincón *
Adrián L. Ferriño Fierro *
Alfredo Ollero Ojeda **

Los ríos brindan salud ambiental, riqueza económica y facilitan el bienestar humano (Grill et al., 2019). No obstante, son uno de los entornos más amenazados en todo el mundo, particularmente en los países en desarrollo como México, donde el crecimiento de la población, los cambios en las actividades antropogénicas y, por lo tanto, el cambio del uso de suelo está aumentando, reemplazando el suelo natural y la cubierta vegetal con superficies impermeables (Ruiz-Picos et al., 2017). **Los ríos urbanos, son aquellos escurreimientos cuya zona de captación, cauce y régimen de sedimentos han sido fuertemente degradados al cambiarlos por superficies no permeables que son características de las ciudades** (Mireles, 2021).

El crecimiento urbano descontrolado pone en peligro el potencial ecológico de los ríos urbanos, aumentando las incertidumbres hídricas en las ciudades. **Los ríos dejan de ser entornos ecológicos naturales y se convierten en áreas de transición urbano-rural, caracterizados por la presencia de asentamientos informales en la periferia**, que al carecer de regulación se

convierten en áreas de riesgo por inundaciones y contaminación. Esto puede explicarse debido a que son áreas que aún representan condiciones de vida rural, para satisfacer las necesidades básicas de agua y eliminación de desechos, y que, además, ofrecen el potencial para la agricultura de subsistencia de los habitantes marginados de la ciudad (Beißler & Hack, 2019).

En México se ha observado un crecimiento poblacional exponencial posterior a 1930 (Figura 1), donde la mayoría de los habitantes se concentraron fundamentalmente en zonas urbanas, formando las áreas metropolitanas. Dentro de las áreas metropolitanas de mayor tamaño y crecimiento poblacional se encuentra el Área Metropolitana de Monterrey (AMM), ubicada en el estado de Nuevo León. En este estado para los años treinta la población urbana representaba el 41% de la población total, mientras que en el último censo de 2020 representaba el 79 % de la población con más de 4.5 millones de habitantes. Muchos retos se presentan día a día para el desarrollo adecuado de esta zona, pues el excesivo crecimiento poblacional conlleva a una

* Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, México

** Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, España

Los ríos brindan salud ambiental, riqueza económica y facilitan el bienestar humano. No obstante, son uno de los entornos más amenazados en todo el mundo, particularmente en los países en desarrollo como México, donde el crecimiento de la población, los cambios en las actividades antrópicas y, por lo tanto, el cambio del uso de suelo está aumentando, reemplazando el suelo natural y la cubierta vegetal con superficies impermeables

expansión desordenada, a la desigualdad socioeconómica y a la degradación del medio ambiente (Huerta, 2022).

El manejo del agua dentro del AMM no ha sido el más adecuado, los cambios de uso de suelo y los cambios interanuales del clima, así como otros fenómenos climáticos que afectan el Noreste del país (variabilidad climática y cambio climático), afectan el patrón de escurrimiento natural y la pérdida potencial de servicios ecológicos de los ríos urbanos. Dentro de la AMM la subcuenca urbana del río Pesquería es una de las más afectadas por los retos e incerti-

dumbres que implican el desarrollo y crecimiento de la zona. Esta cuenca está compuesta por 6 municipios (García, Apodaca, Monterrey, Pesquería, San Nicolás de los Garzas y General Escobedo) en donde se han concentrado en los últimos 30 años más del 50% (56-57 %) del total de la población de Nuevo León. Por lo tanto, estamos ante una cuenca hidrográfica sumamente poblada y urbanizada.

El río Pesquería se localiza al Norte del país y pertenece a la Región Hidrológica número 24 Bravo-Conchos (Figura 2). Esta región se caracteriza por presentar escasez de

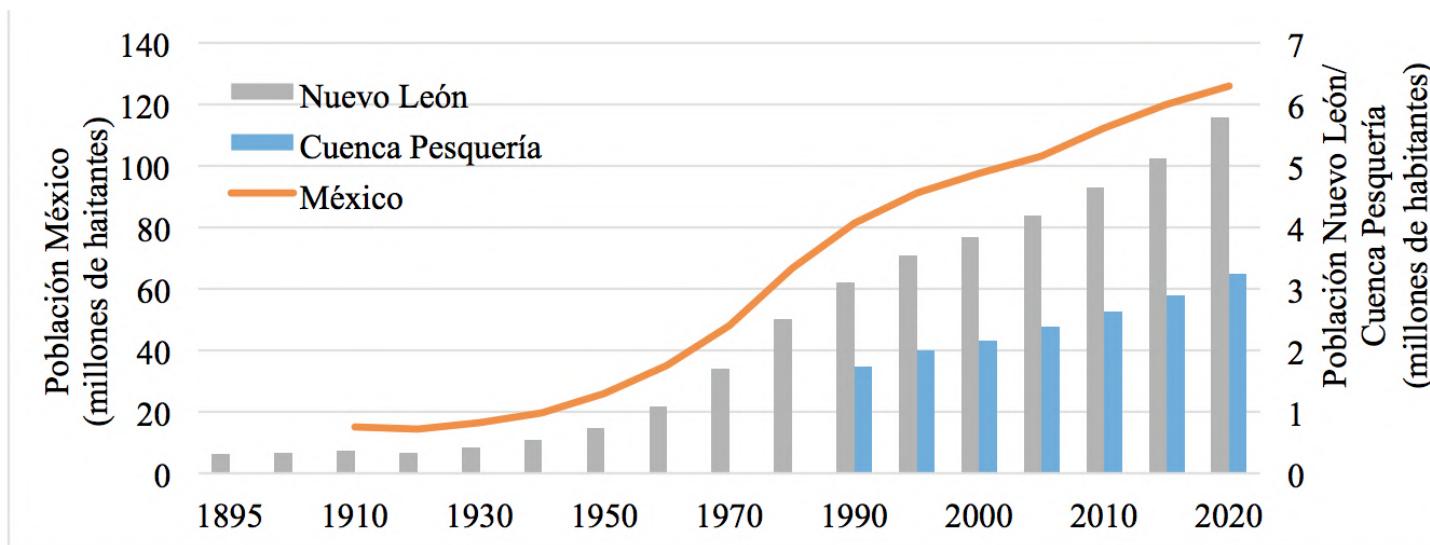


Figura 1. Crecimiento poblacional en México, Nuevo León y municipios de la cuenca Pesquería.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv>.

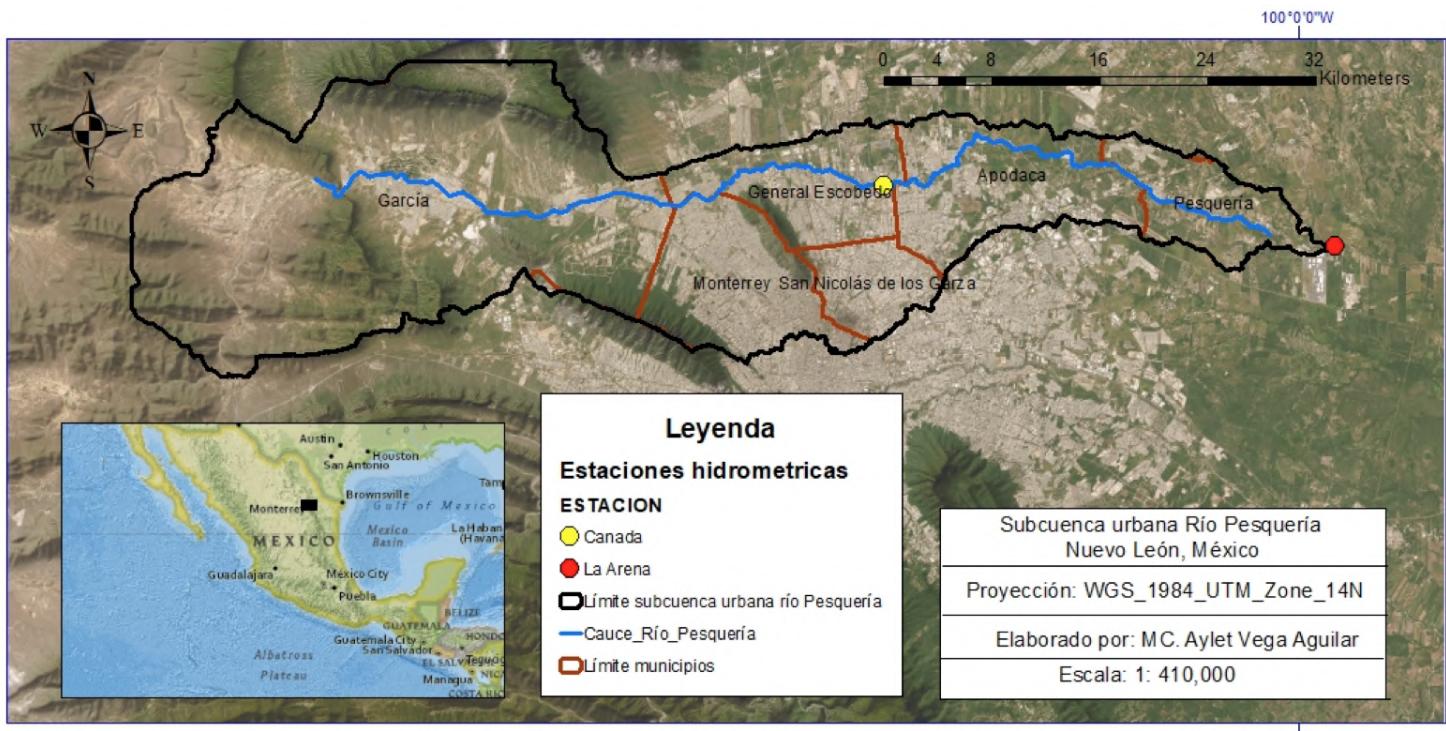


Figura 2. Subcuenca urbana del río Pesquería, Nuevo León. Ubicación de las estaciones hidrométricas de la cuenca.
Fuente: Elaboración propia.

agua en las zonas de mayor desarrollo económico y dinámica demográfica, lo que conduce a que, en la medida en la que el consumo aumenta, la disponibilidad de agua *per cápita* tienda a disminuir. Se identifican como usos consumptivos en la región; público urbano, industrial y agrícola. La situación del agua se ha tornado sumamente compleja y problemática, identificándose entre los principales problemas de la región, la escasez hídrica. La zona presenta deterioro de la calidad del agua, desequilibrio hidrológico y sobreexplotación (Mireles, 2021).

El río Pesquería ha estado sujeto durante mucho tiempo a considerables presiones antrópicas. Por ello, ha sido identificado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) de México como un recurso prioritario para ser evaluado y restaurado. De acuerdo con el programa Regiones Hidrológicas Prioritarias, la subcuenca urbana del río Pesquería fue clasificada como un caso prioritario para la evaluación ecológica (región amenazada), dada la alta biodiver-

sidad y el alto nivel de degradación ambiental que ha causado la actividad antrópica en la región (CONABIO, 2023).

La CONAGUA se dio a la tarea de elaborar la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas. Se define al caudal ecológico como: la cantidad, calidad y variación del caudal reservado para preservar servicios ambientales, componentes, funciones, procesos y resiliencia de ecosistemas acuáticos y terrestres, manteniendo el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en la cuenca (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2012). El caudal ecológico representa un instrumento de gestión que permite acordar un manejo integrado y sostenible de los recursos hídricos, como un proceso que promueve el desarrollo y el manejo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados en una cuenca, maximizando el bienestar económico y social sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (DOF, 2012).

Dentro de la AMM la subcuenca urbana del río Pesquería es una de las más afectadas por los retos e incertidumbres que implican el desarrollo y crecimiento de la zona. Esta cuenca está compuesta por 6 municipios (García, Apodaca, Monterrey, Pesquería, San Nicolás de los Garzas y General Escobedo) en donde se han concentrado en los últimos 30 años más del 50% (56-57 %) del total de la población de Nuevo León

La mayor parte del año el río Pesquería se considera como una corriente intermitente, sobre todo a partir de que ingresa al AMM. **De acuerdo con la clasificación de la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 el río Pesquería tiene importancia ecológica Alta aunque presenta alteraciones ecohidrológicas y del régimen natural, con presencia de al menos una especie bajo estado de protección. Aunado a esto, la clasificación sobre la presión del uso del agua es Muy Alta, debido a la influencia del déficit de agua superficial de la zona. Por lo tanto, la cuenca del río Pesquería se considera un objetivo ambiental Deficiente (D), donde la estrategia de conservación es un llamado a la “Recuperación”** (DOF, 2012). Los indicadores de calidad y biológicos no reflejan condiciones naturales y se presentan severas alteraciones de la estructura y función del ecosistema. La zona presenta tramos secos, cauces invadidos por asentamientos humanos irregulares y actividades ilegales como porquerizas y basureros clandestinos que provocan impactos en la geomorfología del cauce; así como una clara evidencia de descarga ilegal de aguas residuales (Figura 3). Todas estas acciones provocan obstrucción, modificación tanto del cauce como de la estructura del propio río.

La subcuenca urbana del río Pesquería cuenta con datos históricos registrados de dos estaciones hidrométricas, las cuales presentan interrupciones en las mediciones a lo largo de los años: *El Canadá*, con datos de 1975 a 2008 y *La Arena* de 1962 a 2001. Son seleccionados los años con menor influencia antrópica, es decir, períodos donde se muestren las condiciones más naturales posibles del sistema fluvial. La estación *El Canadá* se encuentra en el municipio Escobedo, en la parte centro de la cuenca y de la ciudad. La estación *La Arena* se encuentra ubicada en la parte baja de la cuenca, y a las afueras de la AMM. Una vez analizados los registros, se obtiene un escurrimiento medio anual de 0,34 m³/s para la estación *El Canadá* y de 3,52 m³/s para la estación *La Arena*.

Desafortunadamente, en la actualidad, estas estaciones se encuentran en desuso, limitando el monitoreo reciente de las condiciones del caudal. Por lo anterior no se puede comprobar que se dé cumplimiento del caudal mínimo necesario para que se mantengan las funciones elementales del sistema fluvial.

Con base en los datos históricos registrados en la estación *El Canadá* eran más frecuentes las venidas entre los 10 y 20 m³/s,



Figura 3. Problemáticas en el río Pesquería entre el límite de los municipios de Monterrey y General Escobedo. (A) Acumulación de basura y ausencia de flujo, (B) Contaminación de las aguas, y (C) Asentamientos irregulares en la margen. Fuente: Elaboración propia.

El resultado de la presente investigación es un llamado urgente a las autoridades que administran la cuenca hidrológica del río Pesquería, y una advertencia general para la población del AMM, de que se requieren medidas inmediatas para salvaguardar el caudal ecológico de los ríos urbanos

con avenidas extraordinarias que superan los 40 m³/s. En la estación *La Arena*, se pudo observar que eran frecuentes las avenidas próximas a los 100 m³/s, con avenidas extraordinarias que excedieron los 200 m³/s. En algunas ocasiones se presentaron, dentro del mismo año, varias avenidas que pueden ser explicadas como resultado del periodo de eventos meteorológicos tales como huracanes o tormentas tropicales. Por ejemplo, en el año 1967 se asocian con el huracán Beulah y en 1988 con el huracán Gilberto. En septiembre de 1986 se presentó el mayor caudal registrado en la estación *El Canadá* de 109,35 m³/s; mientras que el mayor registro de la estación *La Arena* lo supera 10 veces, con un caudal de 1 405,89 m³/s en septiembre de 1967.

El principal reto que se enfrenta para determinar el caudal ecológico en los diferentes ríos de México, es el de no contar con una base de datos robusta y duradera en el tiempo (que cumpla con veinte años o más). Los resultados del río Pesquería muestran variaciones por tramos en cuanto a la cantidad del agua reservada, indicando la necesidad urgente de visibilizar el riesgo que corren los servicios ambientales, las funciones y procesos del ecosistema acuático. Resaltan las diferencias en cuanto a la localización, las condiciones naturales y, sobre todo, la presión de la urbanización y las alteraciones debido al cambio de uso del suelo so-

bre el cauce del mencionado río. Sin embargo, se considera bajo estas condiciones que el volumen que debe ser reservado en términos de conservación ecológica a efecto de balance de disponibilidad es aproximadamente el 30% del escurrimiento medio anual para cada estación.

El resultado de la presente investigación es un llamado urgente a las autoridades que administran la cuenca hidrológica del río Pesquería, y una advertencia general para la población del AMM, de que se requieren medidas inmediatas para salvaguardar el caudal ecológico de los ríos urbanos.

Referencias Bibliográficas

- Beißler, M. & Hack, J. (2019). A Combined Field and Remote-Sensing Based Methodology to Assess the Ecosystem Service Potential of Urban Rivers in Developing Countries. *Remote Sensing*, 11(14), 1697.
- Diario Oficial de la Federación. (2012). Norma Mexicana que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas (NMX-AA-159-SCFI-2012). <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166834/NMX-AA-159-SCFI-2012.pdf>
- Grill, G., Lehner, B., Thieme, M., Geenen, B., Tickner, D., Antonelli, F., Babu, S., Borrelli, P., Cheng, L., Crochetiere, H., Macedo, H., Fil-

gueiras, R., Goichot, M., Higgins, J., Hogan, Z., Lip, B., McClain, M., Meng, J., Mulligan, M., Nilsson, C., Olden, J., Opperman, J., Petry, P., Liermann, C., Sáenz, L., Salinas-Rodríguez S., Schelle, P., Schmitt, R., Snider, J., Tan, F., Tockner, K., Valdujo, P. & Soesbergen, A. (2019). Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature* 569(7755), 215-221.

Huerta, R. H. (2022). Integración de redes neuronales convolucionales y percepción remota en la modelación de la conectividad y accesibilidad de áreas verdes urbanas. Tesis de Doctor. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Mireles, D. L. (2021). Elaboración de un modelo multicriterio con base SIG para el manejo integral de ríos urbanos utilizando VANTS y tecnología espectral. Tesis de Máster. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Ruiz-Picos, R., Kohlmann, B., Sedeño-Díaz, J. & López-López, E. (2017). Assessing ecological impairments in Neotropical rivers of Mexico calibration and validation of the Biomonitoring Working Party Index. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14, 1835-1852.

